

# HANDLINGSPLAN FOR MIKROFLOWOMRÅDET

Udarbejdet af:

Jan Nielsen, John Frederiksen, Claus Melvad og Niels Winther  
Teknologisk Institut, Flowlaboratoriet, Århus

Michael Møller Nielsen, Lars Poder og Kurt Rasmussen  
FORCE Technology, Kvalitet og Måleteknik, Brøndby og Vejen

December 2009



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**



### *Resumé*

Handlingsplanen er udarbejdet af en "task force" omkring mikroflow nedsat af det danske Center of excellence for flow "Flowcenter Danmark", i juli 2008. Handlingsplanen er en af leverancerne i et forprojekt med det formål at undersøge og specificere behov for metrologisk indsats og state-of-the-art på området.

Handlingsplanen resumerer information indhentet fra industriaktører, forskningsinstitutioner og metrologiinstitutter, nationalt såvel som internationalt.

Dokumentet supplerer handlingsplanen for det metrologiske hovedområde *Flow (strøm af fluide medier)* fra december 2006<sup>1</sup>.

### *Abstract*

This plan of action is prepared by a task force on micro flow measurement established by the Danish centre of excellence for flow measurement "Flow Centre Denmark" in July 2008. The plan of action is one of more deliverables in a project with the aim of carrying out a survey and to specify the need for metrological services as well as state-of-the-art in the field.

The plan of action gives a summary of information gathered from national and international industries, research institutions and metrology institutes active in the field.

The document is a supplement to the plan-of-action for the metrological field *Flow* from December 2006.

---

<sup>1</sup> Kan downloades fra [www.danak.dk](http://www.danak.dk)

## Indholdsfortegnelse

1. Indledning.....	1
2. Sammenfatning og konklusion .....	2
3. Beskrivelse af området mikroflow.....	2
3.1 Sporbarhed med væske som strømmende medie .....	3
3.2 Sporbarhed med gasser/luft som strømmende medie .....	4
4. Behovsopgørelser.....	4
4.1 Industriel anvendelse .....	5
4.2 Legal og anden forskriftsmæssig anvendelse .....	7
4.3 Forskning på området.....	7
5. Forslag til indsatsområder .....	9
6. Forslag til det videre arbejde .....	9
7. Aktiviteter/kilder - Informationssøgning og formidling .....	9
7.1 Informationssøgning – deltagelse i møder .....	9
7.2 Formidling.....	10

## 1. Indledning

Mikroflow er en vigtig parameter i forbindelse med en række medicinske og medikotekniske applikationer, fx til måling af blodstrømning, insulindosering og ved dialyse. Herudover er der et bredt spektrum af applikationer inden for kemisk og farmaceutisk industri (mikroreaktorer, mikrovarmevekslere). På gassiden er der ønske om at kunne måle flowhastigheden i brintbrændselscellers flowkanaler samt ifm. lækageprøvning. Mikroflow er således et område af stor samfundsmæssig relevans.

Metrologisk set er mikroflow et relativt nyt område. Der findes endnu kun få etablerede metoder til sporbar kalibrering af de kommercielle instrumenter, der anvendes i forbindelse med mikroflowmålinger og generering. Der er dog i den videnskabelige litteratur et stigende antal artikler om disse emner.

**Internationalt** er man opmærksom på, at manglende sporbarhed i fremtiden vil blive en flaskehals for den videre udvikling og udbredelsen af den nye teknologi. Således har EURAMET's<sup>2</sup> tekniske komité for flowområdet i 2006 udformet en forsknings-roadmap, hvis mål er at få etableret komplette metodologier og guidelines for metrologisk assesering af mikrofluide udstyr inden 2020, herunder etablering af primære referencestandarder i Europa inden 2010. Endvidere er mikro- og nanoflowmetrologi et af indsatsområderne i "European Metrology Research Plan" EMRP<sup>3</sup> fra 2008:

*As measurements of micro- and nano flows can be found in Biotechnology and Public Health, Space technology, Defence, Environmental protection, it is of importance to investigate the nature of flow in sub-millimetre ducts and to develop innovative flow measurement technologies on micro scale devices. The development of new primary micro flow facilities and standard methods is important for a reliable and successful implementation of micro- and nano science in future flow measurement applications.*

I 2007 blev der af TUV NEL Ltd., Storbritannien udgivet en omfattende rapport foranlediget af det britiske "Department for Innovation, Universities & Skills": "Assessment of calibration and traceability requirement for ultra-low flowrates"<sup>4</sup>. Det industrielle landskab, der her er undersøgt, har mange ligheder med det danske. Rapporten konkluderer bl.a. følgende:

*It is recommended that methodologies should be developed to allow industries to measure ultra-low flowrates within their premises to increase the confidence in ultra-low flow technologies and to calibrate new ultra-low flowmeters. In addition, the low confidence in CFD modelling at ultra-low flow conditions should be addressed through testing of commercial CFD codes and the availability of benchmark experimental data for validation.*

**Nationalt** blev der af DANAK i 2007 udgivet en "Handlingsplan for det metrologiske hovedområde: FLOW (STRØM AF FLUIDE MEDIER)"<sup>5</sup>. I denne handlingsplan foreslås en national indsats på mikroflowområdet:

*Inden for bioteknisk og farmaceutisk industri forventes en øget anvendelse af mikroflowsystemer. Der bør derfor startes en metrologisk indsats med henblik på etablering af målemetoder, der inden for en kort årrække kan føre til kalibrering af mikroflowsystemer. Der skal løbende være kontakt med industrien for at kunne dække dennes behov for måleområde og målenøjagtighed.*

---

<sup>2</sup> Refererer til: [WWW.EURAMET.ORG](http://WWW.EURAMET.ORG)

<sup>3</sup> Refererer til: [WWW.EMRPONLINE.EU](http://WWW.EMRPONLINE.EU)

<sup>4</sup> TUV NEL Report No. 2007/239

<sup>5</sup> Kan downloades fra [www.danak.dk](http://www.danak.dk)

I forbindelse med etableringen af det danske Center of excellence for flow, "Flowcenter Danmark" i juli 2008 blev der derfor etableret en task force omkring mikroflowområdet, et forprojekt med det formål at undersøge og specificere behov og state-of-the-art på området. Denne handlingsplan er udarbejdet af Flowcenter Danmark og resumerer resultaterne af undersøgelsen.

## 2. Sammenfatning og konklusion

I perioden juli 2008 til december 2009 gennemførte Flowcenter Danmark en systematisk informationsøgning hos internationale og nationale aktører inden for forskning og industri og deltog aktivt i internationale møder og konferencer. En oversigt over aktiviteterne kan ses i appendiks. På basis af de indhentede oplysninger er:

- Indeværende handlingsplan udarbejdet.
- Information formidlet til danske og udenlandske interessenter via en erfagruppe, temadage samt konferencedeltagelse.
- Et praktisk setup til sporbar kalibrering af mikroflowudstyr (væske) er udviklet. I 2010 tilbydes sporbar kalibrering til industrien.

Konklusionerne, der kan drages ud fra arbejdet, er:

- Der er efterspørgsel efter sporbar kalibrering både på væske (doseringspumper, målere) og gasområdet (fortrinsvis læktestere).
- Det er p.t. ikke muligt at få udstyr akkrediteret kalibreret i Europa på mikro-væskeflow, men der er ved at blive etableret faciliteter i Danmark, Tyskland og Frankrig.
- På gassiden findes der europæiske institutter, som kan lave akkrediterede kalibreringer ved flow ned til ca. 0,03 µg/s.
- Mikrofluide teknikker anvendes eksperimentelt i dansk farmaceutisk industri, og der forventes stigende efterspørgsel efter måletekniske ydelser herfra.
- Inden for medikoteknik og sundhed er der en lang række af mikrofluide applikationer og behov for måleteknisk support.
- Der foregår i Danmark forskning inden for mikroflow, og der er etableret services med fx Computational Fluid Dynamics – CFD-modellering, men der er generelt mangle på sporbar måling til hjælp ved valideringen af modellerne.

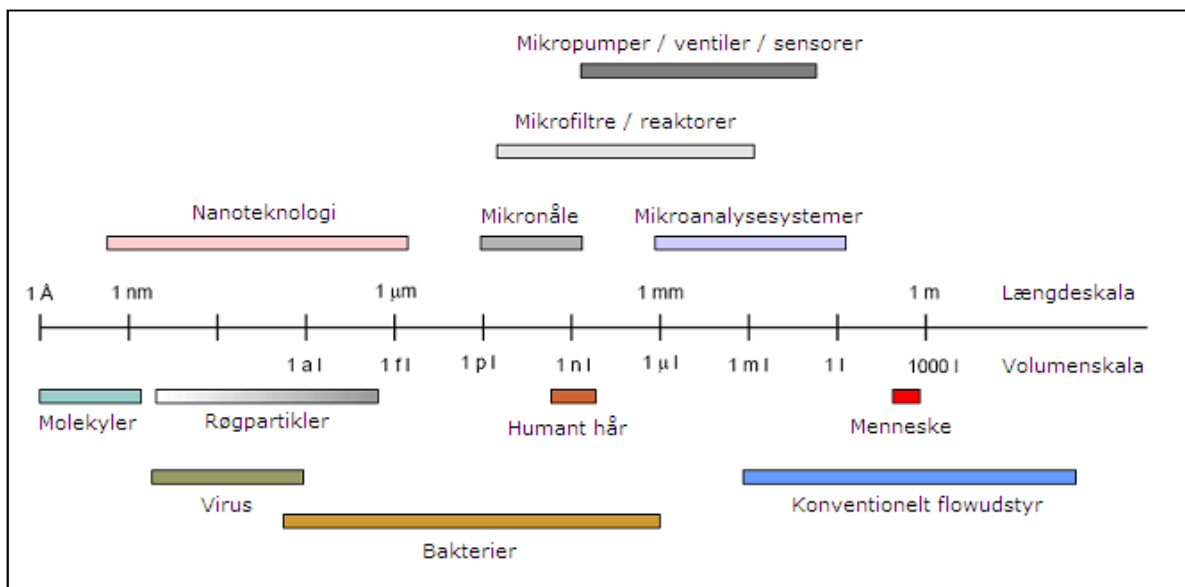
## 3. Beskrivelse af området *mikroflow*

Mikroflow er ikke entydigt defineret. Alt afhængigt af applikationen samt om der er tale om gas eller væske, defineres mikroflow ofte på en af følgende måder:

1. Måling, håndtering og kontrol af små volumener, hvor mediet indeholdes i mikroskopiske kanaler med dimensioner i området fra 1 til 1000 µm.
2. Måling, håndtering og kontrol af små volumenenheder i mikroliterstørrelse (1 µl = 1 mm<sup>3</sup>).
3. Måling, håndtering og kontrol af små volumener ved hjælp af overfladespænding.

4. Måling, håndtering og kontrol af fluide volumener med Reynoldstal mindre end 10, dvs. hvor overfladekræfter er dominerende overfor inertikræfter (krybestrømning).
5. Måling, håndtering og kontrol af små væskevolumener ved hjælp af eksterne felter typisk elektriske, magnetiske, akustiske og termiske.

I nedenstående figur vises størrelsen af typisk mikrofluid-instrumentering sammen med velkendte objekter for sammenligningens skyld.



Figur 1: Størrelsesorden af typisk mikrofluid-instrumentering

### 3.1 Sporbarhed med væske som strømmende medie

Behovet for sporbar måling og kalibrering er applikations- og teknologibestemt. Anvendte væsker er fx dialysevæsker, blod og diverse opløsninger samt medicinske blandinger. Disse har oftest det tilfælles, at de er newtonske og derfor i det store hele opfører sig som vand.

Forespørgsler hos industrien peger på at der både er/bliver behov for sporbar måling af masseflow og volumenflow. Endvidere ses behov for at kunne bestemme aktuelt leveret masse/volumen.

I modsætning til det traditionelle flowområde, hvor behovet fortrinsvis er kalibrering af flowmålere, er mikroflowområdet mere komplekst. De kommercielt tilgængelige mikrofluide udstyr, der er behov for at kunne kalibrere/karakterisere, omfatter:

- Væskeflowmålere. Fås fra under 1  $\mu\text{l}/\text{h}$  og opad med typisk specificeret nøjagtighed 1 % til 3 %.
- Mikropumper (doseringspumper). Fås fra under 1  $\text{nL}/\text{h}$  og opad med typisk specificeret nøjagtighed 0,5 % til 10 %.
- Medikoudstyr, fx kanyler, slanger mv.
- High Performance Liquid Chromatography (HPLC)-udstyr.

Internationalt arbejder en række Nationale Metrologi Institutter (NMI'er) hen imod etableringen af primære standarder for mikroflow.

I EURAMET har følgende laboratorier eksperimentelle aktiviteter:

Teknologisk Institut (DK): Prototype på en primær standard er blevet etableret i 2009. Standarden dækker aktuelt området fra 60 ml/h til 6 l/h og søges akkrediteret i 2010. Udstyrsudvidelser i 2010 forventes at reducere usikkerheden i området mellem 10 ml/h og 1 l/h samt at udvide flowområdet ned til 1 ml/h. Sporbarheden etableres gravimetrisk til masse, massefylde og tid i området. Det forventes, at flow i området fra 6 l/h ned til 50  $\mu$ l/h kan gøres sporbare til volumen og tid, dog med en højere usikkerhed. Standarden kan anvendes både til kalibrering og karakterisering af målere, pumper og medikoudstyr.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt – PTB (DE): Har etableret en primær standard til området 1  $\mu$ l/h til 1 ml/h. Sporbarheden etableres gravimetrisk til masse, massefylde og tid. Standarden er fortrinsvis beregnet til kalibrering af målere og er p.t. under evaluering.

CETIAT (FR): Har etableret en primær standard til området 1 ml/h til 10 l/h. Sporbarheden etableres gravimetrisk til masse, massefylde og tid. Standarden er p.t. under evaluering.

Flere laboratorier planlægger at etablere eksperimentelle faciliteter på området, herunder TUV NEL (UK), VSL (NL) og UME (TR).

Uden for Europa har CMS i Taiwan samt NIST i USA faciliteter til mikroflow.

### **3.2 Sporbarhed med gasser/luft som strømmende medie**

Industrien forespørger mikroflowmålinger på gasflow i procesindustrien fx lækkestere og små brændselsceller. Der findes i dag udstyr, som kan måle utætheder i kølesystemer og aircondition-apparater mindre end 1 g/a (gram/år). Nøjagtigheden af dette udstyr kan i dag ikke verificeres akkrediteret.

FORCE Technology kan lave akkrediterede målinger ned til 1 ml/min. svarende til ca. 20  $\mu$ g/s (luft) med sporbarhed til meteren og tid.

Der findes europæiske institutter, som kan lave akkrediterede kalibreringer ved lavere flow ned til ca. 0,03  $\mu$ g/s såsom VSL, PTB og LNE. Disse er sporbare til enten volumen og tid ned til 0,03  $\mu$ g/s eller gravimetrisk til masse og tid ned til 20  $\mu$ g/s.

Der er netop afsluttet en international sammenligningskalibrering: CCM.P-K12 under BIPM på mikroflow med deltagelse af laboratorier fra Europa, USA, Kina, Singapore, Japan og Indien, hvor man sammenligner mikroflows på to transferstandards med helium ned til  $4 \cdot 10^{-11}$  mol/s svarende til 0,00012  $\mu$ g/s og  $8 \cdot 10^{-14}$  mol/s svarende til  $3,2 \cdot 10^{-7}$   $\mu$ g/s. Rapporten ventes færdig i 2010.

## **4. Behovsopgørelser**

Forskellige studier peger på, at den globale markedsværdi af mikrofluide teknologier er i kraftig vækst, og nye områder som diagnosticering og point-of-care samt medicineringssystemer og farmaceutisk produktion forventes en nærmest eksplosiv fremgang. I det efterfølgende gennemgås de eksisterende og forventede kommende behov for dansk industri og forskning samt på det legale område med udgangspunkt i de globale tendenser.

## 4.1 Industriel anvendelse

### Farmaceutisk fremstilling

Udvikling af farmaceutiske produkter er meget kostbart. Det estimeres, at det i gennemsnit koster 5-10 milliarder kr. at få et nyt produkt på markedet. Hvis man kan afprøve flere produktvarianter på et tidligt stadium, øges sandsynligheden for succesfulde kandidater, som ikke fejler i kliniske forsøg, og test af små batches betyder resultater på få timer (i stedet for uger) og muliggør flere iterationer og større fleksibilitet i udviklingsfasen. Derfor er man i flere medicinsk-kemiske laboratorier begyndt at anvende mikrofluide systemer i produktudviklingen (kontinuert flowsyntese). Flowraten bruges til at kontrollere reaktionshastighed og støkiometri, og der opnås fordele som bedre varmeudveksling, bedre reproducerbarhed osv.

Måleområdet er bredt fra mikroreaktorer (0,5 µl/h til 5 ml/h) til almindelig produktion (ned til 1-2 l/h).

### Læktestere

Inden for køleindustrien og automobilindustrien anvendes læktestere til måling af flow ned til 1-2 g/a (gram/år).

Der er en interesse for sporbar kalibrering af læktestere ned til  $4 \cdot 10^{-11}$  mol/s, fordi man i dag forventer en usikkerhed på op til 15 %, hvilket ønskes lavere.

### Medikoteknik og sundhed

Der er identificeret et meget bredt spektrum af applikationer hvor der anvendes lave flow. Medicineringsystemer kræver et stabilt flow af små mængder medicin, men der er ikke etableret anerkendte kalibreringsmetoder til de sensorer, der anvendes til dette formål, og kendskabet til disses nøjagtighed er derfor begrænset. Dette forværres yderligere, når de flow, der skal måles, er pulserende pga. begrænsninger i de pumper, der anvendes i medicineringsystemet.

Der findes allerede på markedet et bredt spektrum af udstyr, fx kanyler, slanger, pumper mv. til kritisk medicinering. Fx i forbindelse med insulinbehandling arbejdes der med et flow på under 60 ml/h. Dialyseudstyr opererer typisk i området 0,5 – 5 l/h og udstyr til måling af blodstrømning fra 3 ml/h til 3 l/h.

Vedrørende diagnosticering er der en rivende udvikling i gang som involverer mikrostrømninger, fx Point-of care, hvor målet er at flytte behandlingen fra laboratoriet til lægen til patienten, og ønsket om at kunne monitorere kontinueret i stedet for periodisk sampling. I omstående tabel er et udsnit af applikationer samt flowområde indikeret.



Applikation	Flowtype Gas (G) Væske (L)	Flowområde	
		Min.	Max.
Anæstesi	G/ L	0,02 ml/min.	20 ml/min.
Blod	L	0,05 ml/min.	600 ml/min.
Hjerne	L		110 ml/min/kg
Drop	L	0,4 ml/dag	25 ml/dag
Inhalator	G	60 ml/min.	80 l/min.
Øje	L	0,7 ml/min.	2,8 ml/min.
Hjerte	L		168 ml/min./kg
Lever	L		116 ml/min./kg
Nyrer	L		840 ml/min./kg
Ilt til foster	L		1 ml/min.
Respiration	G	100 l/min.	600 l/min.
Muskler	L		5 ml/min./kg
Hud	L		26 ml/min./kg

## Bioteknologi

Danske forskere markerer sig stærkt i det internationale forskersamfund inden for bioteknologi. Bioteknologiske patenter udgør i international sammenligning en høj andel af samtlige patenter i Danmark, og ser man på antallet af bioteknologiske patenter per indbygger, ligger vi i top foran blandt andet USA, Sverige og Finland. De danske forskere, der arbejder med bioteknologiske metoder, hører samtidig til blandt de mest citerede på verdensplan.

Men vi befinder os i en tid, hvor bioteknologien i Danmark og resten af verden er i knæ. Finanskrisen har fjernet den risikovillige kapital, og andelen af nye lægemidler, der når hele vejen fra forskeren til patienten, har aldrig været lavere.

Der ses for nærværende ikke eksempler på behov for mikroflowaktiviteter inden for bioteknologien, men det er vigtigt at holde øje med området i fremtiden.

## Sensorer og målere

Virksomheden Dantec Dynamics udvikler og sælger "particle image velocimetry" -  $\mu$ PIV-udstyr til visualisering af flowforholdene i sub-millimeter flowkanaler.

## Modellering

I forbindelse med design og udvikling af mikrofluide anordninger, fx medikotekniske udstyr, flowplader til brændselsceller mv. anvendes ofte Computational Fluid Dynamics (CFD) –modellering. Der findes på markedet flere software-pakker til dette formål. Anvendelsen af CFD giver mange fordele i forhold til "trial-and-error"-udvikling, men der er generelt mangel på tiltro til modellerne på grund af manglende eksperimentelle data, hvilket hæmmer metodens udbredelse i industrien (fx er det problematisk at tage højde for overfladebehandlingen af mikrokanalerne i modellerne). For at kunne validere CFD-modellerne er der derfor behov for flowmåling med god tidslig og rumlig opløsning.

### 4.2 Legal og anden forskriftsmæssig anvendelse

#### Væske

Der findes mange skrevne standarder, som omhandler mikroflow (dog ofte uden at dette ord er anvendt). Der er bl.a. standarder vedrørende udstyr anvendt i medicinalindustrien, fx for sprøjter til brug med kraftdrevne injektionspumper, DS/ISO 7886-2. Andre standarder omhandler bl.a. sikkerhedskrav til udstyret og dets anvendelse.

#### Gas/luft

Inden for lækagesøgning findes der en DIN-standard DIN EN 14624:2005 "Leistung von mobilen Leckdetektoren und Raumüberwachungsgeräten für halogenierte Kältemittel".

### 4.3 Forskning på området

Bl.a. på DTU arbejder nanotech-gruppen inden for flere mikroflow-relevante områder, bl.a. med teoretisk mikroflow. Aktuelle forskningsområder omfatter bl.a.:

- Luftbobler i mikrokanaler
- Mikropumper og pulserende flow
- Dielectrophoresis hvor neutrale partikler manipuleres for at styre flowet
- Ækvivalent netværkmodellering
- Computational fluid dynamics (CFD)

Se fx: <http://www.nanotech.dtu.dk/Research/Theory/TMF.aspx>

Flere grupper på danske universiteter beskæftiger sig med lab-on-a-chip, herunder SDU (se fx <http://flint.sdu.dk/research/microfluidics.html>).

CFD anvendes i den medicinske forskning og udvikling navnlig i forbindelse med kvantificering af humane væskeflow. Områderne er mangeartede, men især inden for cardiologi, karkirurgi og urologi er CFD udbredt, bl.a. på Skejby Sygehus.

CFD kan anvendes til modellering af fx hjertets coronararterier (kranspulsårerne), stenoser i carotiderne (halspulsårerne) og atero-venøse fistler (kirurgisk kortslutning af armens distale superficielle kar) på dialysepatienter.

Metoden kan få inddata fra bl.a. ultralyds- eller MR-scanning, og kan belyse strømningssforholdene grafisk eller med tal for blodets hastighed, forskydningsspænding langs karvæggen, turbulens m.m.

Udnyttet fuldt ud kan CFD fx lave en *dynamisk* model af hjertets rytme og flow.

Danmark er blandt de lande, der er længst fremme i udviklingen af brændselsceller og brændselscellesystemer. Med en massiv offentlig og privat satsning inden for PEM-brændselsceller (Proton Exchange Membran) og SOFC (Solide Oxide Fuel Cells) har danske virksomheder mulighed for at stå konkurrencemæssigt stærkt, når brændselscellesystemer i 2012-20 forventes at blive kommercielt tilgængelige inden for anvendelsesområder som nød- og hjælpestrøm, transport samt el- og varmeproduktion til boligmassen.

Risø's forskning i brændselscelleteknologi – fra materialer til virkning – er i front på verdensplan. Risø har i mange år haft et tæt samarbejde med Haldor Topsøe A/S og Topsoe Fuel Cell A/S om udvikling af SOFC-brændselsceller. Ud over elektricitet producerer de også varme, der for eksempel kan anvendes til opvarmning af et hus. I modsætning til andre typer brændselsceller er SOFC'er meget fleksible og kan også bruge andre brændsler end brint, for eksempel naturgas eller biobrændsler.

Afhængigt af anvendelsesformålet er der behov for forskellige hjælpeanlæg. Brændselscelleanlæg, der påtænkes anvendt til transportformål med anvendelse af brint, kan være ret enkle og dermed relativt billige. Til et brændselscelleanlæg baseret på naturgas til kraftvarmeforsyning hører flere hjælpeanlæg, bl.a. til brændstoftilberedning, pumpeanlæg for luft og kølemiddel, styrings- og reguleringssystem, samt en vekselretter, som konverterer den producerede jævnstrøm til vekselstrøm for tilslutning til elnettet.

CFD er en udbredt metode blandt forskerne, når flowforholdene i brændselscellerne og de tilhørende hjælpeanlæg skal kortlægges. Men der ses et spirende behov for egentlige målinger af de ofte ganske små flowstørrelser, når CFD-modellerne skal valideres.

Der forskes også inden for mikrobrændselsceller, som har potentiale til at kunne levere elektrisk energi længere end traditionelle batterier i bærbare applikationer. Fx står Teknologisk Institut i spidsen for et udviklingsprojekt, der i løbet af de næste fire-seks år skal krympe brændselsceller, så de kan forsyne høreapparater med energi. Tanken er at lade en methanolbrændselscelle erstatte det traditionelle zinkluftbatteri og sikre langt længere brug uden udskiftning. Det vil kun tage ca. 10 sekunder at genopfylde cellen, som får en størrelse på 5,8 x 3,6 mm.

Som det er tilfældet for de større brændselsceller, ses der også for mikrocellerne et behov for flowmålinger, ikke mindst når disses forbedrede effektivitet, og levetid i forhold til traditionelle batterier skal dokumenteres.

Partnerskabet for Brint og Brændselsceller blev etableret i efteråret 2007 for at fremme den teknologiske udvikling inden for brint- og brændselscelleområdet. Partnerskabet skal styrke et privat-offentligt samarbejde mellem udførende forskere og udviklere, bevillingsgivere, erhvervsliv, uddannelsessystemet og det øvrige samfund.

Partnerskabet har til formål at organisere aktiviteterne inden for brint- og brændselscelleteknologierne og hermed bidrage til, at nye energi- og miljøeffektive teknologier hurtigt gøres kommercielle og kan bringes i anvendelse.

Partnerskabet har desuden til formål at fremme de allerede internationalt anerkendte danske kompetencer på området, samt for at deltage effektivt og konstruktivt i de europæiske forskningsinitiativer under det 7. rammeprogram og øvrige internationale samarbejder.

## 5. Forslag til indsatsområder

For at kunne understøtte industrien og forskningen er der behov for understøttelse af metrologiinstitutterne på følgende områder:

- Akkrediteret og sporbar mikroflow og delivered volume-kalibrering i gas såvel som i væsker.
- Sporbar kalibrering af læktester ned til  $4 \cdot 10^{-11}$  mol/s.
- Mulighed for karakterisering og udvikling af aktive og passive pulserende flowdæmpere samt karakterisering og videnspredning heraf.
- Undersøgelse af, hvordan luftbobler i væskeflow påvirker performance af flowmålere, samt hvorledes det kan undgås.

## 6. Forslag til det videre arbejde

Baseret på de rapporterede undersøgelser forslås følgende videre arbejde gennemført:

- Udvikling og etablering af transferstandarder og primære kalibreringsfaciliteter.
- Udvikling og etablering af pulserende flowdæmpere.
- Videnformidling rettet mod dansk industri via seminarer, temadage samt artikler i fagblade.
- Supportere mediko- og medicinalindustrien gennem udviklingen af og optimeringen af de anvendte målemetoder

## 7. Aktiviteter/kilder - Informationssøgning og formidling

### 7.1 Informationssøgning – deltagelse i møder

Oversigt – for nærmere information se [www.flowcenter.dk](http://www.flowcenter.dk)

Oktober 2008	Deltagelse i konferencen "IEEE Sensors 2008" i Lecce, Italien
Oktober 2008	Deltagelse i "Metrology for Microfluidics Workshop", Longborough University, UK
December 2008	Deltagelse i "1st European conference on Microfluidics $\mu$ Flu08" i Bologna
Januar 2009	Studiebesøg hos PTB Braunschweig
Juni 2009	Deltagelse i mikroflowseminar ved PTB, Braunschweig. Arbejdet med et nyt set-up til mikroflowkalibrering ved Teknologisk institut blev præsenteret.
September 2009	Deltagelse i EMRP-planlægningsmøde "Fuel Cells" hos NPL, UK

## 7.2 Formidling

Oversigt – for nærmere information se [www.flowcenter.dk](http://www.flowcenter.dk)

November 2008	Temadag om flowmåling i processer. Tre indlæg om mikroflow (generel introduktion, i forbindelse med bioreaktorer i forbindelse med analyse af blodflow i kroppen), se <a href="http://www.flowcenter.dk">www.flowcenter.dk</a>
December 2008	Møde i Flowcenter Danmarks erfagruppe om mikroflow
Marts 2009	FLOWcenter Danmark, følgegruppemøde. Fremlæggelse af status for forprojekt mikroflow
Marts 2009	Møde i Flowcenter Danmarks erfagruppe om mikroflow
Juni 2009	Deltagelse i mikroflowseminar ved PTB, Braunschweig. Arbejdet med et nyt set-up til mikroflowkalibrering ved Teknologisk institut blev præsenteret, se <a href="http://microflowmetrology.ptb.de/">http://microflowmetrology.ptb.de/</a>
November 2009	Temadag om flowmåling i udvikling. Indlæg om lækagesøgning ved FORCE Technology, se <a href="http://www.flowcenter.dk">www.flowcenter.dk</a>